



Ακουστικά βαρηκοΐας

και

κοχλιακά εμφυτεύματα

Οδηγός για γονείς

Ακουστικά βαρηκοΐας και κοχλιακά εμφυτεύματα.

Επιλογή υποψηφίων, ανησυχίες των γονέων, η χειρουργική τοποθέτηση, διεγχειρητικός και μετεγχειρητικός έλεγχος, η ρύθμιση και ο προγραμματισμός, η παρακολούθηση και η αποκατάσταση.

Κυριαφίνης Γιώργος, Χειρουργός Ωτορινολαρυγγολόγος

Κέντρο Κοχλιακών Εμφυτεύσεων, Α΄ ΩΡΛ Πανεπιστημιακή κλινική ΑΠΘ, Νοσοκομείο ΑΧΕΠΑ, Θεσ/νίκη

Η απώλεια της ακοής αποτελεί ένα τεράστιο εμπόδιο για την απόκτηση και τη διατήρηση αποτελεσματικών επικοινωνιακών δεξιοτήτων. Η αντίληψη και η παραγωγή της ομιλίας και ιδιαίτερα στα παιδιά η εκμάθηση της μητρικής γλώσσας, εξαρτάται από τη δυνατότητα επεξεργασίας των ακουστικών πληροφοριών.

Στα παιδιά η έγκαιρη διάγνωση της βαρηκοΐας είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα στη διαχείριση των επιπτώσεων της εξασθένησης της ακοής. Μόλις αναγνωριστεί η βαρηκοΐα, το επίπεδο υπολειπόμενης ακοής εάν υπάρχει, πρέπει να καθοριστεί και να συστήνεται μια κατάλληλη ακουστική ενίσχυση, ώστε να αρχίσει όσο το δυνατόν πιο γρήγορα η εκμάθηση της ομιλίας μέσω λογοθεραπευτικής παρέμβασης καθώς και η εκπαίδευση και η ψυχολογική υποστήριξη του παιδιού και των γονέων.

Ο ωτορινολαρυγγολόγος είναι ο μόνος αρμόδιος για την εντόπιση και τη διάγνωση της ακουστικής αναπηρίας και συχνά είναι η πρώτη, εάν όχι η μόνη, πηγή πληροφοριών που έχουν οι γονείς σχετικά με τις διάφορες εκπαιδευτικές επιλογές και μορφές επικοινωνίας που είναι διαθέσιμες για τις οικογένειες παιδιών με ακουστική αναπηρία. Μία άρτια συμβουλευτική προσέγγιση της οικογένειας προϋποθέτει μια άρτια οργανωμένη διεπιστημονική ομάδα με επαγγελματίες διαφόρων ειδικοτήτων. Η συμβουλευτική βαρήκων και γονέων μικρών παιδιών με βαρηκοΐα, είναι ένα σημαντικό και τεράστιο κεφάλαιο που ξεκινά από την στιγμή της ανακοίνωσης του αποτελέσματος των διαγνωστικών ακοολογικών εξετάσεων.

Η συμβατική ενίσχυση είναι συνήθως η αρχική διαδικασία που επιλέγεται. Εάν τα ακουστικά βοηθήματα προσφέρουν ελάχιστο ή κανένα όφελος, τα κοχλιακά εμφυτεύματα αποτελούν θεραπευτική επιλογή.

ΚΟΧΛΙΑΚΑ ΕΜΦΥΤΕΥΜΑΤΑ

Τα Κοχλιακά Εμφυτεύματα (Κ.Ε.) είναι το τελευταίο επίτευγμα της τεχνολογίας. Είναι μια ηλεκτρονική συσκευή, η οποία αντικαθιστά όλο το σύστημα της ακοής (κυρίως τα αισθητικά τριχωτά κύτταρα του οργάνου του Corti, στο κοχλία) και μετατρέπει την μηχανική ηχητική ενέργεια σε ηλεκτρικά σήματα που μπορούν να φτάσουν με τη βοήθεια ηλεκτροδίων στο κοχλιακό νεύρο, που τοποθετούνται εκεί κατόπιν λεπτής χειρουργικής επέμβασης, σε ασθενής με βαρηκοΐα στα όρια της κώφωσης ή κώφωση. Πρόκειται δηλαδή, για ένα βιονικό αυτί. Υπολογίζεται οτι περισσότεροι από 100.000 άνθρωποι, όλων των ηλικιών, με μια σοβαρή, στα όρια της κώφωσης απώλεια ακοής, ωφελούνται τώρα από ένα κοχλιακό σύστημα εμφυτεύματος^{1,2}.

Η σημερινή μορφή του κοχλιακού εμφυτεύματος αποτελείται από δύο τμήματα: το εξωτερικό και το εσωτερικό (εικόνα 1).



Εικόνα 1. Το σύστημα του κοχλιακού εμφυτεύματος.

Το εξωτερικό τμήμα, ο επεξεργαστής ομιλίας (speech processor) τοποθετείται οπισθοωτιαία, έχει μέγεθος κοινού ακουστικού βαρηκοΐας και δέχεται τους ήχους με ένα μικρόφωνο, τους φιλτράρει και τους κωδικοποιεί με μια προκαθορισμένη στρατηγική. Τα επεξεργασμένα σήματα φτάνουν σ' ένα πηνίο, που συγκρατείται με τη βοήθεια ενός μαγνήτη στο δέρμα στη θέση του εσωτερικού τμήματος, δηλαδή του δέκτη. Από εκεί το σήμα, με τα δεδομένα αλλά και την απαραίτητη ενέργεια για την λειτουργία του εμφυτεύματος, μεταφέρονται με μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο εσωτερικό τμήμα, στο εμφύτευμα.

Υπάρχουν και επεξεργαστές ομιλίας που βρίσκονται σε ξεχωριστό κουτί, σωματικού τύπου, ώστε να δίνουν μεγαλύτερη ισχύ και μεγαλύτερη αυτονομία στην μπαταρία καθώς και ευκολία χειρισμών για τα βρέφη και τα μικρά παιδιά σε βάρος της αισθητικής.

Όλοι οι επεξεργαστές ομιλίας διαθέτουν μνήμες προγραμμάτων (maps) και εξωτερικές ρυθμίσεις για τον χρήστη, ώστε να προσαρμόζονται σε διάφορες καταστάσεις ακρόασης, καθώς και είσοδο για εξωτερικές πηγές ήχου ή βοηθήματα τύπου FM.

Το εσωτερικό τμήμα, το εμφύτευμα, αποτελείται από ένα πηνίο - δέκτη, από τον μικροϋπολογιστή και από ένα λεπτότατο καλώδιο που φέρει σειρά ηλεκτροδίων (από 12 έως 22, ανάλογα με το εμφύτευμα). Το εμφύτευμα δεν περιέχει μπαταρία και η απαραίτητη ενέργεια που χρειάζεται για να λειτουργήσει, μεταφέρεται από τον εξωτερικό επεξεργαστή ομιλίας μαζί με τις πληροφορίες (data). Όλα τα εμφυτεύματα κατασκευάζονται από ιστοσυμβατά υλικά (σιλικόνη, κεραμικά, τιτάνιο)(εικόνα 2).



Εικόνα 2. Οι τύποι κοχλιακών εμφυτευμάτων με τους αντίστοιχους επεξεργαστές ομιλίας.

Με μια λεπτή χειρουργική επέμβαση, αφού γίνει μαστοειδεκτομή και διάνοιξη της βασικής έλικας του κοχλία, τοποθετείται το Κ.Ε. στο κροταφικό οστό και τα ηλεκτρόδιά του μέσα στον κοχλία. Το πηνίο συλλαμβάνει τις πληροφορίες και τις μεταφέρει στον μικροϋπολογιστή ώστε να αποκωδικοποιηθούν και να κατανεμηθούν στα επιμέρους ηλεκτρόδια. Αυτά είναι τοποθετημένα μέσα στη τυμπανική κλίμακα του κοχλία, κατανεμημένα στις νευρικές απολήξεις του κοχλιακού νεύρου, ώστε το κάθε ηλεκτρόδιο να ερεθίζει τις αντίστοιχες νευρικές ίνες του ακουστικού νεύρου στο σπειροειδές γάγγλιο και να προσομοιώνουν ηλεκτρονικά τη λειτουργία του κοχλία. Η πορεία της ακουστικής πληροφορίας από το σημείο αυτό και μετά ακολουθεί τη φυσιολογική οδό μέχρι το κέντρο της ακοής στο φλοιό του εγκεφάλου, όπου προκαλείται η αίσθηση της ακοής.

Διαφορές ακουστικών βαρηκοΐας και κοχλιακών εμφυτευμάτων

Τα ακουστικά βαρηκοΐας είναι ενισχυτές του ήχου που έχουν εξελιχθεί ακολουθώντας την τεχνολογία του σήμερα και αποτελούνται βασικά από το μικρόφωνο, την ενισχυτική βαθμίδα (ενισχυτής) και το μεγάφωνο. Οι διάφοροι ήχοι συλλέγονται μέσω του μικροφώνου, όπου μετατρέπονται σε ηλεκτρικό σήμα, ενισχύονται και επεξεργάζονται από τον ενισχυτή και εξέρχονται ισχυρότεροι προς τον έξω ακουστικό πόρο μέσω του μεγαφώνου.

Γενικά τα ακουστικά βαρηκοΐας έχουν ένδειξη σε περιπτώσεις βαρηκοΐας, που δεν ανατάσσονται με εγχείρηση ή φαρμακευτική αγωγή, με όριο τα 70 - 80 dB ως μόνιμη και επαρκής αποκατάσταση³.

Τα ψηφιακά ακουστικά βαρηκοΐας περιέχουν τις πιο μοντέρνες τεχνολογίες που στηρίζονται στις νέες απόψεις της φυσιοπαθολογίας στην ΩΡΛ, αλλά η χρήση τους απαιτεί τη γνώση των ορίων τους ώστε να αποφευχθεί η άσκοπη χρήση τους κυρίως για τις προσδοκίες του ασθενή για το αποτέλεσμα.

Για να γίνουν κατανοητά τα όρια των ακουστικών βαρηκοΐας, πρέπει να θυμηθούμε τη λειτουργία του συστήματος της ακοής και ιδιαίτερα του κοχλία που επιτρέπει καταρχήν να ακούμε και κατόπιν να διακρίνουμε. Στις νευροαισθητήριες βαρηκοΐες συνήθως τα πρώτα που προσβάλλονται είναι τα έξω τριχωτά κύτταρα και έτσι λείπει η βασική λειτουργία τους, του συγχρονισμού, προκαλώντας όχι τόσο βαρηκοΐα αλλά ανεπάρκεια διάκρισης. Είναι συχνό το παράπονο των ασθενών “ακούω αλλά δεν καταλαβαίνω”.

Στις μεγάλου βαθμού νευροαισθητήριες βαρηκοΐες προσβάλλονται και τα έσω τριχωτά κύτταρα και η σημαντικότερη ανεπάρκεια είναι της ακοής και κατά δεύτερο λόγο της διάκρισης.

Συμπερασματικά τα ακουστικά βαρηκοΐας συνήθως δεν αποκαθιστούν τις βαριές βαρηκοΐες, αλλά έχουν άριστα αποτελέσματα στις ελαφρού και μέσου βαθμού.

Τα ακουστικά βαρηκοΐας λοιπόν είναι μια πολύ καλή λύση για τις νευροαισθητήριες βαρηκοΐες, αλλά δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι όσο και να αυξηθούν η πιστότητα της απόδοσης, η ποιότητα διαμόρφωσης και οι ρυθμίσεις των ακουστικών ερεθισμάτων, σίγουρα διευκολύνουν την ακοή, αλλά το αποτέλεσμα περνάει πάντα από ένα όργανο που δεν λειτουργεί καλά. Οι χαρακτηριστικές παραμορφώσεις των βαρηκοϊών αυτών παραμένουν και αυτός είναι ο “λαιμός του μπουκαλιού” απ’ όπου περνούν όλες οι ακουστικές πληροφορίες που δέχονται οι ασθενείς αυτοί.

Επίσης, σημαντικό είναι να τονιστεί ότι ακόμα και σε βαριές βαρηκοΐες, με υπολειμματική ακοή, είναι απαραίτητη η χρήση των ακουστικών βαρηκοΐας, κυρίως στα παιδιά, ως την τοποθέτηση κοχλιακού εμφυτεύματος. Αυτό όχι ως τελική αποκατάσταση αλλά ως πρώτο στάδιο σε συνδυασμό με την πρώιμη παρέμβαση, για την εκκίνηση ή την διατήρηση της επαφής με τον ήχο, έστω και για μόνο λίγες και χαμηλού φάσματος συχνότητες, που αποκλείει την καλή ακουστική άρα και την ομιλητική εξέλιξη του παιδιού αλλά διατηρεί ενεργό το κέντρο της ακοής και δημιουργεί την δεξαμενή της ακουστικής μνήμης που θα τελειοποιηθεί μετά την εμφύτευση⁴.

Μόνο τα κοχλιακά εμφυτεύματα παρακάμπτουν το όργανο της ακοής που δεν λειτουργεί σωστά και συμπεριφέρονται σαν ένα νέο τεχνητό όργανο.

ΠΡΟΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΣΘΕΝΩΝ

Τα κοχλιακά εμφυτεύματα ενδείκνυνται για ασθενείς άνω των 12 μηνών με αμφοτερόπλευρη κώφωση ή με μεγάλου βαθμού νευροαισθητήρια βαρηκοΐα που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί με την εφαρμογή σύγχρονων ακουστικών βαρηκοΐας. Η επιλογή γίνεται με αυστηρά επιστημονικά κριτήρια και απαιτείται προσέγγιση από μια σύνθετη διεπιστημονική ομάδα που να καλύπτει τις ποικίλες ανάγκες του ασθενούς. Οι υποψήφιοι υποβάλλονται σε μεγάλη σειρά από εξετάσεις και ειδικές δοκιμασίες, ακοολογική μελέτη, ηλεκτροφυσιολογική διερεύνηση καθώς και απεικόνιση με αξονική και μαγνητική τομογραφία του κοχλία σε λεπτές τομές. Ιδιαίτερο βάρος δίδεται στην ψυχική διερεύνηση, στη νοητική κατάσταση και στις πιθανές συνοδές αναπηρίες. Στα κριτήρια περιλαμβάνονται η ηλικία, η διάρκεια της κώφωσης, η ανάπτυξη της ομιλίας πριν ή μετά την κώφωση, η καλή ανάπτυξη της χειλεοανάγνωσης, το περιβάλλον και οι προσδοκίες για το αποτέλεσμα που μπορεί να προβλεφθεί με ακρίβεια και να τεθεί ως στόχος σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση⁵.

Η προσφορότερη ηλικία εμφύτευσης αποδείχθηκε ότι είναι οι μικρές ηλικίες από 1 έτους, γιατί απ’ αυτή την ηλικία από την επίδραση των ακουστικών πληροφοριών εξελίσσεται και το κεντρικό νευρικό τμήμα του ακουστικού συστήματος⁶. Επίσης παιδιά τα οποία γεννήθηκαν με φυσιολογική ακοή και κατόπιν έχασαν την ακοή τους πρέπει έγκαιρα να χειρουργούνται, γιατί προοδευτικά

ξεχνούν τις ακουστικές πληροφορίες και χάνουν την αποκτηθείσα ομιλία⁷.

Όσον αφορά τις μεγαλύτερες ηλικίες, κατάλληλοι υποψήφιοι είναι οι λεγόμενοι μεταγλωσσικοί ασθενείς δηλαδή τα άτομα τα οποία έχασαν την ακοή τους αφού όμως απέκτησαν ομιλία και ομιλούν πλέον στηριζόμενοι στην χειλοανάγνωση. Η μέθοδος της κοχλιακής εμφύτευσης ουσιαστικά αντενδείκνυται στους ενήλικες με συγγενή κώφωση και σ' αυτούς που απώλεσαν την ακοή τους προτού μάθουν να ομιλούν - προγλωσσικοί ασθενείς. Τα πενιχρά αποτελέσματα της μεθόδου στα άτομα αυτά αποδίδονται στο ότι το κεντρικό νευρικό τμήμα του συστήματος της ακοής έχει χάσει πλέον την πλαστικότητά του να εξελίσσεται ως προς την ακουστική μνήμη και τη διακριτικότητα των ήχων υπό την επίδραση των ακουστικών πληροφοριών⁸⁻¹⁷.

Ακοολογική αξιολόγηση

Η ακοολογική αξιολόγηση είναι ο αρχικός τρόπος καθορισμού της καταλληλότητας για κοχλιακή εμφύτευση. Οι ακοολογικές αξιολογήσεις πρέπει να πραγματοποιούνται και χωρίς ενίσχυση αλλά και με κατάλληλη ακουστική ενίσχυση. Κατά συνέπεια, όλοι οι πιθανοί υποψήφιοι θα πρέπει έχουν ολοκληρώσει μια περίοδο εμπειρίας με μια κατάλληλα ενισχυμένη ακοή, μέχρι την εμφύτευση και να υποστηρίζεται με ένα πρόγραμμα ακουστικής εκπαίδευσης. Η ακοολογική αξιολόγηση περιλαμβάνει όλες τις εξετάσεις, μαζί με την αξιολόγηση της αναγνώρισης σε επίπεδο λέξης και πρότασης, που θα μπορούν να δώσουν μια σφαιρική εικόνα της κατάστασης του ασθενούς. Τα αποτελέσματα της αναγνώρισης της ομιλίας με ενίσχυση είναι ο αρχικός ακοολογικός καθοριστικός παράγοντας της υποψηφιότητας για κοχλιακή εμφύτευση. Για πολύ μικρά παιδιά ή για εκείνα που έχουν περιορισμένες γλωσσικές ικανότητες, χρησιμοποιούνται τα ερωτηματολόγια γονέων για να καθορίσουν το όφελος της ενίσχυσης της ακοής. Για τους ενήλικες και τα μεγαλύτερα παιδιά, σημαντική βοήθεια δίνει μία ακόμα εξέταση, η ηλεκτρική εξέταση του ακρωτηρίου.

Ιατρική αξιολόγηση

Η ιατρική αξιολόγηση περιλαμβάνει το ωτολογικό ιστορικό και την ιατρική εξέταση. Εκτελείται ακτινολογική αξιολόγηση του κοχλία για να καθοριστεί εάν ο κοχλίας είναι παρών και στη θέση του και για να προσδιοριστούν οι τυχόν δυσμορφίες του κοχλία. Η υψηλής ευκρίνειας και με λεπτές τομές Αξονική Τομογραφία (CT) του κοχλία παραμένει η τεχνική απεικόνισης επιλογής (εικόνα 3).



Εικόνα 3. Αξονική Τομογραφία (CT) του κοχλία, σε αξονική και στεφανιαία τομή.

Η ενδοκοχλιακή δημιουργία οστού ως αποτέλεσμα λαβυρινθικών οστεοποιήσεων μπορεί συνήθως να εμφανιστεί στην CT. Εντούτοις, όταν εμφανίζεται εξάλειψη του μαλακού ιστού μετά από λαβυρινθική σκλήρυνση, η CT μπορεί να μην δείξει το εμπόδιο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η απεικόνιση μέσω Μαγνητικής Τομογραφίας (MRI) είναι αποτελεσματική συμπληρωματική διαδικασία που προσφέρει πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με την αρτιότητα του κοχλίου (εικόνα 4).



Εικόνα 4. Μαγνητική Τομογραφία (MRI) του κοχλίου, σε αξονική και στεφανιαίες τομές.

Το ενδολέμφιο ή περιλέμφιο σήμα μπορεί να χαθεί σε περιπτώσεις σκληρωτικής λαβυρινθίτιδας. Η ενδοκοχλιακή οστεοποίηση δεν είναι αντένδειξη στην κοχλιακή εμφύτευση αλλά μπορεί να περιορίσει τον τύπο και το βάθος εισαγωγής της διάταξης των ηλεκτροδίων που μπορεί να εισαχθεί στον κοχλία. Επιπλέον οι συγγενείς δυσμορφίες του κοχλίου δεν αποτελούν αντενδείξεις στην κοχλιακή εμφύτευση. Η κοχλιακή δυσπλασία έχει αναφερθεί ότι εμφανίζεται περίπου στο 20% των παιδιών με συγγενή νευροαισθητήρια βαρηκοΐα. Επίσης παρατηρείτε ένας διευρυμένος εσωτερικός ακουστικός πόρος που θεωρείτε ότι είναι η διαδρομή εξόδου εγκεφαλονωτιαίου υγρού (ENY) όταν εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της χειρουργικής επέμβασης ή μετεγχειρητικά, ως περιλημφική πλημμυρίδα (Gusher). Η δυσπλασία του κροταφικού οστού μπορεί επίσης να συνδεθεί με ένα ανώμαλο προσωπικό νεύρο, το οποίο μπορεί να αυξήσει το χειρουργικό κίνδυνο. Η ακριβής αιτιολογία για την κώφωση δεν μπορεί πάντα να καθοριστεί αλλά προσδιορίζεται όποτε αυτό είναι δυνατό. Εντούτοις, ακουστικά νευρικά στοιχεία ικανά να διεγερθούν είναι σχεδόν πάντα παρόντα ανεξάρτητα από την αιτία της κώφωσης¹⁸. Οι δύο εξαιρέσεις είναι η δυσμορφία του Michel, στην όποια υπάρχει συγγενής αγενεσία του κοχλίου και το σύνδρομο του μικρού εσωτερικού ακουστικού πόρου, στο οποίο το κοχλιακό νεύρο μπορεί να είναι εκ γενετής απών.

Εκτελείται ωτοσκοπική αξιολόγηση της τυμπανικής μεμβράνης. Θα πρέπει να υπάρχουν ωτολογικά σταθερές συνθήκες πριν την λήψη απόφασης για εμφύτευση. Το αντί που προτείνεται για την κοχλιακή εμφύτευση δεν πρέπει να έχει μόλυνση και η τυμπανική μεμβράνη πρέπει να είναι άθικτη. Εάν αυτοί οι όροι δεν ικανοποιούνται, η ιατρική ή χειρουργική θεραπεία πριν από την εμφύτευση είναι αναγκαία. Η αντιμετώπιση της εκκριντικής ωτίτιδας του μέσου αυτιού στα παιδιά που είναι υπό εξέταση για Κ.Ε. ή σε αυτά που έχουν ήδη ένα κοχλιακό εμφύτευμα αξίζει ιδιαίτερης προσοχής.

Συνήθως η θεραπεία με αντιβιοτικά πετυχαίνει αυτόν τον στόχο, αλλά όταν αποτυγχάνει, μπορεί να απαιτηθεί αντιμετώπιση με μυριγκοτομή και εισαγωγή σωληνίσκων αερισμού. Η αφαίρεση των σωληνίσκων αρκετές εβδομάδες πριν από την κοχλιακή εμφύτευση οδηγεί συνήθως σε μια θεραπευμένη, άθικτη τυμπανική μεμβράνη. Όταν σε ένα αυτί με κοχλιακό εμφύτευμα εμφανίζεται υγρό, δεν απαιτείται καμία αντιμετώπιση εάν η έκκριση παραμένει χωρίς μόλυνση. Η χρόνια μέση ωτίτιδα, με ή χωρίς χολοστεάτομα, πρέπει να έχει αντιμετωπιστεί πριν από την εμφύτευση, αυτό επιτυγχάνεται με συμβατικές ωτολογικές θεραπείες. Η προγενέστερη χειρουργική επέμβαση του αυτιού, η οποία έχει οδηγήσει σε μια ενιαία μαστοειδή κοιλότητα, δεν αντενδείκνυται σε μια κοχλιακή εμφύτευση.

Ψυχολογική αξιολόγηση

Η ψυχολογική εξέταση εκτελείται για να προσδιοριστούν οι ασθενείς που έχουν μια οργανική εγκεφαλική δυσλειτουργία, νοητική καθυστέρηση, μη ανιχνευθείσα ψύχωση ή μη ρεαλιστικές προσδοκίες. Αξιολογούνται επίσης πολύτιμες πληροφορίες σχετικές με την οικογενειακή δυναμική και άλλους παράγοντες στο περιβάλλον του ασθενή που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην αποδοχή και την απόδοση του Κ.Ε.

Λογοθεραπευτική αξιολόγηση

Κατά την προεγχειρητική περίοδο, μετά τις ιατρικές, ακοολογικές και ψυχολογικές εξετάσεις, γίνεται η λογοθεραπευτική αξιολόγηση. Αποτελείται από τη λήψη ενός ιστορικού και τη διάγνωση της κατάστασης της προφορικής επικοινωνίας, της ομιλίας και της φωνής. Το ιστορικό περιλαμβάνει ερωτήσεις σχετικές με διάφορα στοιχεία του ασθενή και του συγγενικού περιβάλλοντος, όπως η κοινωνικοοικονομική και ψυχοκοινωνική κατάσταση, το ατομικό και οικογενειακό ιστορικό, η μέχρι τούδε εκπαιδευτική πορεία και οι εκπαιδευτικές επιλογές της οικογένειας, η θεραπευτική επιλογή και η πορεία του, καθώς και οι χρονικές και οργανωτικές δυνατότητες για την μετεγχειρητική θεραπευτική περίοδο. Για την ανάπτυξη ενός εξατομικευμένου θεραπευτικού προγράμματος καθώς και για μια σωστή πρόγνωση του θεραπευτικού αποτελέσματος απαιτείται η χαρτογράφηση των ακόλουθων σημείων:

1. Η εξελικτική πορεία της ακουστικής και λεκτικής ανάπτυξης. Το σημείο αυτό βοηθά στην ταξινόμηση του ασθενούς στην ομάδα των προγλωσσικών ή των μεταγλωσσικών και μας δίνει πληροφορίες για το σημείο εκκίνησης της θεραπείας.
2. Κοινωνική αντίληψη της κώφωσης. Το σημείο αυτό μας βοηθά να καταλάβουμε κατά πόσο ο ασθενής έχει ταυτιστεί με την κατάσταση της κώφωσης αν έχει ή όχι αναπτύξει “ταυτότητα κωφού” και πόσο θα ήταν το κέρδος του από την επέμβαση η το ψυχικό του κόστος απ αυτήν.
3. Προσδοκίες και ψυχική κατάσταση πριν την κοχλιακή εμφύτευση. Η επιτυχία της θεραπείας εξαρτάται από την εμπύχωση του ασθενή. Ως εκ τούτου είναι σημαντικό η επέμβαση να είναι και δική του επιθυμία. Πολύ υψηλός πήχης προσδοκιών μπορεί να οδηγήσει σε αίσθηση αποτυχίας κατά τη διάρκεια της θεραπείας έτσι κατά τη διάρκεια του ιστορικού επιχειρείται να δοθεί μια ρεαλιστική εικόνα των δυνατοτήτων του ασθενή με το κοχλιακό εμφύτευμα.

Για την διάγνωση της κατάστασης της λεκτικής - ακουστικής επικοινωνίας χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα ακουστικής διάκρισης της ομιλίας. Είναι σταθμισμένες δοκιμασίες για την αξιολόγηση και εκτίμηση της ύπαρξης ή μη γλωσσικών δομών προφορικού και γραπτού λόγου και διαχωρίζουν τη φυσιολογική από τη διαταραγμένη γλωσσική ικανότητα, στους ενήλικες ασθενείς. Η άρθρωση, η προσωδία και η φωνή των ασθενών εξετάζονται μέσω της ελεύθερης συνέντευξης και αν υπάρχουν διαταραχές εξετάζονται με επιμέρους υποδοκιμασίες.

Τα αποτελέσματα της λογοθεραπευτικής εκτίμησης, λαμβάνονται υπ όψιν στην εκτίμηση της καταλληλότητας του υποψηφίου για κοχλιακή εμφύτευση και χρησιμοποιούνται μετά από μια επιτυχημένη κοχλιακή εμφύτευση στη δημιουργία ενός εξατομικευμένου προγράμματος θεραπείας.

Υποψήφια παιδιά

Τα μικρά παιδιά μετά την ηλικία των δύο ετών δέχτηκαν κοχλιακά εμφυτεύματα στη μέση με τέλη της δεκαετίας του '80, από τότε, οι εξελίξεις στο σχέδιο των εμφυτευμάτων, στην τεχνολογία, στα αποτελέσματα καθώς και η αυξανόμενη υιοθέτηση της διαδεδομένης ανιχνευτικής εξέτασης της ακοής των νηπίων, έχουν οδηγήσει σε μια μείωση της ηλικίας εμφύτευσης σε 12 μηνών, ηλικία που συνεχώς μειώνεται με την πρόοδο της τεχνολογίας.

Οι γενικές οδηγίες επιλογής που εφαρμόζονται στους ενηλίκους είναι εφαρμόσιμες στα παιδιά εντούτοις, η επιλογή παιδιατρικών υποψηφίων για Κ.Ε. είναι μια πολύ πιο σύνθετη και υπό συνεχή διαμόρφωση διαδικασία. Χρειάζεται προσεκτική εκτίμηση πολλών παραγόντων, επειδή η ακοολογική αξιολόγηση, η χειρουργική επέμβαση, η προεγχειρητική και μετεγχειρητική αντιμετώπιση σε αυτό τον πληθυσμό είναι απαιτητική. Η βαρηκοΐα στα όρια της κώφωσης πρέπει να τεκμηριώνεται και να επισφραγίζεται η ανικανότητα να ωφεληθεί το παιδί από τα συμβατικά ακουστικά βοηθήματα.

Τα κριτήρια για τα παιδιά υποψηφίους παρουσιάζονται στον πίνακα I. Αντίθετα με τους ενηλίκους, τα προγλωσσικά αλλά και τα μεταγλωσσικά κωφά παιδιά είναι υποψήφιοι για Κ.Ε. Μια τάση προς την πρόωμη κοχλιακή εμφύτευση στα παιδιά έχει προκύψει σε μία προσπάθεια να βελτιωθούν τα καταστρεπτικά αποτελέσματα της πρόωμης στέρσης της ακοής. Η ηλεκτρική διέγερση εμφανίζεται ικανή, να αποτρέψει τις εκφυλιστικές αλλαγές της κεντρικής ακουστικής οδού¹⁹.

Ενώ οι αρχικοί υποψήφιοι του παιδιατρικού πληθυσμού έπρεπε να μην έχουν καθόλου χρήσιμη ακοή προεγχειρητικά, τώρα εξετάζονται για κοχλιακό εμφύτευμα και παιδιά με κάποιο βαθμό υπολειπόμενης ακοής. Η συντριπτική πλειοψηφία αυτών των παιδιών με υπολειπόμενη ακοή έχει βρεθεί ότι έχει σημαντικά καλύτερη μετεγχειρητική απόδοση όταν συγκρίνεται με τα παιδιά στα όρια της κώφωσης που επίσης είχαν λάβει ένα κοχλιακό εμφύτευμα.

Επειδή η ανάπτυξη της αντίληψης της ομιλίας, της παραγωγής της ομιλίας και της γλωσσικής ικανότητας κανονικά αρχίζει σε πολύ νεαρή ηλικία, η εμφύτευση σε πολύ νεαρά παιδιά έχει ουσιαστικά πλεονεκτήματα.

Έχει παρατηρηθεί ότι τα παιδιά που εμφυτεύονται σε μικρότερες ηλικίες και χρησιμοποιούν έναν προφορικό τρόπο επικοινωνίας, παρουσιάζουν γρηγορότερο ρυθμό προφορικής αναγνώρισης λέξης από εκείνα τα παιδιά που χρησιμοποιούν τη ολική επικοινωνία²⁰⁻²². Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δίνεται έμφαση σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα βασισμένο στη ακοή για τα παιδιά που λαμβάνουν κοχλιακά εμφυτεύματα.

Η πρόωγη εμφύτευση μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν η αιτιολογία της κώφωσης είναι η μηνιγγίτιδα καθώς μπορεί να προκύψει προοδευτική ενδοκοχλιακή οστεοποίηση και να αποκλείσει την κλασική εισαγωγή του ηλεκτροδίου. Ένα σχετικά μικρό χρονικό περιθώριο υπάρχει κατά τη διάρκεια του οποίου αυτή η προοδευτική διαδικασία μπορεί να παρακαμφθεί.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις μικρές διαστάσεις του κροταφικού οστού και στα πιθανά προβλήματα από την μετεγχειρητική ανάπτυξη αυτού του οστού. Επιπλέον, η υψηλή συχνότητα της μέσης ωτίτιδας στα παιδιά κάτω από την ηλικία 2 ετών θέτει σε κίνδυνο την βιοασφάλεια των Κ.Ε. Εντούτοις, η επέκταση της υποψηφιότητας για Κ.Ε. στην ηλικιακή ομάδα μεταξύ των 6 έως 12 μηνών είναι εφικτή σε μια ανατομική βάση. Ο κοχλιάς έχει ενήλικο μέγεθος από τη γέννηση και κατά ηλικία του 1 έτους η προσωπική κοιλότητα και το μαστοειδές οστό, τα οποία παρέχουν πρόσβαση στο μέσο αυτί για την τοποθέτηση ηλεκτροδίων, είναι επαρκώς ανεπτυγμένα.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. Κριτήρια των υποψηφίων παιδιών για κοχλιακή εμφύτευση

- Παιδιά ηλικίας 12 μηνών έως 17 ετών
- Αμφοτερόπλευρη σοβαρή νευροαισθητήρια απώλεια ακοής ή κώφωση
- Έλλειψη δεξιοτήτων ακουστικής ανάπτυξης και ελάχιστο όφελος από την ενίσχυση της ακοής, που τεκμηριώνεται από το όφελος ενίσχυσης της ακοής (αποτελέσματα ερωτηματολογίου για αναγνώριση λέξεων < 30% σωστά)
- Καμία ιατρική αντένδειξη
- Εγγραφή σε ένα θεραπευτικό πρόγραμμα εκπαίδευσης που βασίζεται στην ακουστική ανάπτυξη

ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ ΤΩΝ ΓΟΝΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΧΛΙΑΚΗ ΕΜΦΥΤΕΥΣΗ

Από την εμφύτευση πολύ μικρών παιδιών προκύπτουν μια σειρά ζητημάτων που είναι μοναδικά σε αυτήν την ομάδα των ασθενών. Πρέπει να αντιμετωπιστούν οι ανησυχίες για την εγχείριση και την αναισθησία, για τις διαγνωστικές μεθόδους, για τις προκλήσεις στον προγραμματισμό και τη ρύθμιση, καθώς και για τα ζητήματα αξιοπιστίας των εμφυτευμάτων.

Χειρουργικές ανησυχίες

Τα χειρουργικά ζητήματα συγκεκριμένα για την εμφύτευση σε πολύ μικρά παιδιά περιλαμβάνουν:

Α) Η δυνατότητα για μελλοντική αύξηση του κρανίου. Κατά τον προγραμματισμό της αρχικής τοποθέτησης του εμφυτεύματος, ο χειρουργός μπορεί να λάβει υπόψη του τη μελλοντική αύξηση του κρανίου. Οι ανατομικές δομές του κοχλία, του προσωπικού νεύρου και της κοιλότητας του προσώπου είτε είναι διαμορφωμένες πλήρως είτε έχουν μέγεθος περίπου ίδιο με αυτό των ενηλίκων κατά τη γέννηση. Το κροταφικό οστό συνεχίζει να αυξάνεται κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας, με συνέπεια μια ανάπτυξη κατά μέσο όρο 12 χιλ. στην απόσταση μεταξύ του εσωτερικού αυτιού και της επιφάνειας του κροταφικού οστού. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της αύξησης εμφανίζεται στους πρώτους 12 μήνες ζωής. Τα Κ.Ε. παρέχουν αυτό το επιπλέον μήκος για να ικανοποιήσουν αυτή την αύξηση.

Β) Το μέγεθος και το σχήμα του κρανίου. Πρέπει να δημιουργηθεί με εκσμίλευση μια “θέση” στο οστό για να σταθεροποιηθεί το εμφύτευμα. Τα σημερινά Κ.Ε. έχουν μικρό μέγεθος “θέσης” που τα καθιστά ιδανικά για τα κρανία των μικρών παιδιών, ιδίως τα εύκαμπτα από σιλικόνη. Το εύκαμπτο πηνίο επιτρέπει να ταιριάζουν πολύ με την κυρτότητα του μικρού κρανίου ενός παιδιού, πράγμα που εξασφαλίζει ότι δεν δημιουργείται καμία προεξοχή από την τοποθέτηση της συσκευής.

Γ) Η πιθανότητα για μόλυνση. Η μηνιγγίτιδα είναι μια πιθανή επιπλοκή οποιασδήποτε χειρουργικής επέμβασης στο έσω αυτί. Πιο μεγάλος είναι ο κίνδυνος της μηνιγγίτιδας σε παιδιά με συγγενείς ανωμαλίες του κοχλία, όπως η απλασία κοινής κοιλότητας του Mondini, με διευρυμένους υδραγωγούς του κοχλία και αίθουσας και ύπαρξη αυξημένης επικοινωνίας εγκεφαλονωτιαίου υγρού και λέμφου, σε παιδιά με ιστορικό προηγηθείσας μηνιγγίτιδας ή καταγμάτων του κροταφικού και του κρανίου.

Οι μελέτες δεν έχουν παρουσιάσει κανένα στοιχείο αυξανόμενου μακροπρόθεσμου κινδύνου λόγω βακτηριακής μηνιγγίτιδας από την εμφύτευση. Η συχνότητα εμφάνισης σε όλο τον πληθυσμό είναι 2,4 με 10, ενώ στους λήπτες Κ.Ε. είναι στο σύνολο 10,2 και αφαιρώντας τους ασθενείς υψηλού κινδύνου είναι 2,4²³.

Οι γονείς και οι κηδεμόνες του παιδιού πρέπει να συμβουλευθούν τον προσωπικό τους γιατρό και το χειρουργό τους σχετικά με την ανάγκη για εμβολιασμό ενάντια σε μερικούς από τους οργανισμούς

που προκαλούν μηνιγγίτιδα (Streptococcus Pneumoniae, Hemophilus Influenza).

Ανησυχίες για την αναισθησία

Οι θεμελιώδεις διαφορές στη φυσιολογία των παιδιών δηλώνουν ότι αντιδρούν διαφορετικά σε αυτό που μπορεί να θεωρείται ως "τυπική" πρακτική αναισθησίας για τους ενήλικους. Οι διαφορές στην καρδιοαναπνευστική και νευρολογική λειτουργία πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την εξέταση παιδιών μικρότερων από 12 μήνες. Η συνεργασία με έναν πεπειραμένο παιδοαναισθησιολόγο και η εξατομικευμένη αξιολόγηση κάθε παιδιού, είναι ουσιαστικές σε περίπτωση εξέτασης ενός μικρού βρέφους για την λήψη Κ.Ε.

Ο βέλτιστος προγραμματισμός

Η λήψη ακριβής ανταπόκρισης για την αξιολόγηση της λεκτικής αντίληψης και για την εξασφάλιση του βέλτιστου προγραμματισμού της συσκευής.

Οι βελτιώσεις στην ηλεκτροφυσιολογία, στην τεχνολογία των εμφυτευμάτων και στις μεθόδους προγραμματισμού, έχουν εξασφαλίσει ότι η αποκατάσταση μπορεί να γίνει με μεγάλη επιτυχία στις πολύ μικρές ηλικίες.

Κατά τη διάρκεια των συνεδριών όταν προγραμματίζεται ο εξωτερικός επεξεργαστής ομιλίας για να παρέχει άνετα επίπεδα ακοής για την ομιλία, η λήψη αξιόπιστης ανταπόκρισης από ένα πολύ μικρό παιδί μπορεί να είναι χρονοβόρα και δύσκολη. Τα εμφυτεύματα Nucleus επιτρέπουν τη χρήση ενός αντικειμενικού μέτρου, τα Electrically Evoked Compound Action Potentials (ECAPs), τα οποία μπορούν να καταγραφούν μέσω του επεξεργαστή και μέσω της τεχνικής Neural Response Telemetry (NRT) ή της ART. Αυτές οι καταγραφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συμπληρώσουν τις συμπεριφοριστικές απαντήσεις και να παρέχουν πολύ καλύτερη ρύθμιση, άρα και ακούσματα, στα πολύ μικρά παιδιά.

Η αξιοπιστία των εμφυτευμάτων

Τα στοιχεία αξιοπιστίας για τα κοχλιακά εμφυτεύματα καταγράφονται και αναφέρονται δημόσια. Από το 1990 έως το 2002 καταγράφηκαν χαλασμένα εμφυτεύματα στους ενήλικες περίπου 1,3% και στα παιδιά περίπου 11,1% , δηλαδή συνολικά 7.8%. Σήμερα με την νεότερη τεχνολογία αλλά και με την απευθείας συνεργασία των Κλινικών με τα ερευνητικά κέντρα των εταιριών που κατασκευάζουν τα εμφυτεύματα, τα αποτελέσματα επιβίωσης συγκεκριμένων εμφυτευμάτων είναι της τάξης του 99,8% και 99,6% στους 12 και 36 μήνες αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι αυτό ποσοστό εμφυτευμάτων λειτουργούν σωστά το δεδομένο χρόνο μετά την εμφύτευση. Για τα Κ.Ε. που σταμάτησαν να λειτουργούν, είναι δυνατή η επανατοποθέτηση νέων, κάτι που γίνεται ακόμα και σ' αυτούς που επιζητούν την νεότερη και αποδοτικότερη τεχνολογία.

ΧΕΙΡΟΥΡΓΙΚΗ ΕΜΦΥΤΕΥΣΗ

Η χειρουργική επέμβαση της κοχλιακής εμφύτευσης, η οποία φυσικά γίνεται υπό γενική αναισθησία, είναι μια λεπτή ωτοχειρουργική επέμβαση. Μια τυπική χειρουργική επέμβαση τοποθέτησης του εμφυτεύματος διαρκεί περίπου 1,5 με 2 ώρες όταν εκτελείται από μια πεπειραμένη χειρουργική ομάδα. Η θεραπευτική περίοδος είναι συνήθως μια εβδομάδα και έπειτα ο επεξεργαστής ομιλίας προσαρμόζεται (fitting) και προγραμματίζεται (mapping) σύμφωνα με τις συγκεκριμένες ανάγκες του ατόμου. Αυτό το εξατομικευμένο πρόγραμμα (map) αποθηκεύεται στον επεξεργαστή. Καθώς το άτομο προσαρμόζεται και εξοικειώνεται με το νέο τρόπο ακοής του, το πρόγραμμα μπορεί να αναδιαρρυθμιστεί για να βελτιώσει περισσότερο την απόδοση, με όσο το δυνατόν πιο υψηλής ποιότητας χρήσιμου ήχου. Αυτή η διαδικασία mapping πραγματοποιείται από

έναν ακοολόγο που είναι εκπαιδευμένος να συνεργάζεται με τους χρήστες κοχλιακών εμφυτευμάτων.

Μερικά κοχλιακά εμφυτεύματα σήμερα επιτρέπουν τη χρήση της ECAP, όπως η καταγραφή NRT ή ART, μια αντικειμενική μέτρηση που ελέγχει αν το ακουστικό νεύρο ανταποκρίνεται στην διέγερση. Η NRT μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο χειρουργείο για να επιβεβαιώσει την ανταπόκριση του νεύρου, αλλά και για να βρεθεί ο ουδός, που διευκολύνει τη διαδικασία mapping για τα παιδιά που δεν έχουν δεξιότητες επικοινωνίας και εμπειρία στην ακοή, για να δώσουν την ανταπόκριση που απαιτείται. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την απόδοση του εμφυτεύματος στα πολύ μικρά παιδιά.

Τεχνικές

Η κοχλιακή εμφύτευση στα παιδιά και στους ενήλικες απαιτεί εξαιρετική προσοχή στους λεπτούς και μικρών διαστάσεων ιστούς. Οι τομές του δέρματος σχεδιάζονται για να παρέχετε πρόσβαση στη διαδικασία της μαστοειδεκτομής και την κάλυψη της συσκευής του Κ.Ε. συντηρώντας παράλληλα την αιμάτωση του οπισθοωτιαίου δέρματος. Η τομή που χρησιμοποιείται σήμερα έχει εξαλείψει την ανάγκη αποκάλυψης μεγάλης επιφάνειας οπισθοωτιαία, κάτι που εξαρτάται βέβαια από τον τύπο του εμφυτεύματος. Η κατώτερη έκταση της τομής γίνεται πολύ πριν τη μαστοειδή απόφυση για να διατηρηθούν οι κλάδοι της προσθιοωτιαίας αρτηρίας. Από αυτό το σημείο η τομή κατευθύνεται οπίσθια και άνω και έπειτα μόνο προς τα άνω, χωρίς ανώτερο πρόσθιο χείλος. Στα παιδιά, στη τομή ενσωματώνεται ο κροταφικός μυς για να δώσει επιπλέον πάχος. Αποκαλύπτουμε και παρασκευάζουμε το κροταφικό οστό με τη μαστοειδή απόφυση. Δημιουργείται μια υποπεριοστική θήκη για να τοποθετηθεί το πηνίο επαγωγής του εμφυτεύματος. Μια καλοφτιαγμένη οστέινη “θέση” δημιουργείται για τη συσκευή που εμφυτεύεται και αν το απαιτεί ο τύπος του Κ.Ε. τοποθετείται μια σταθεροποιητική συρραφή ή περιοστικό κρημνό. Μετά από την δημιουργία της τομής του δέρματος, γίνεται η μαστοειδεκτομή. Αναγνωρίζεται ο οριζόντιος ημικύκλιος σωλήνας στο βάθος του μαστοειδούς άντρου και το βραχύ σκέλος του άκμονα στο ακμονικό βοθρίο. Κατόπιν γίνεται η οπίσθια τυμπανοτομή δια μέσου του προσωπικού κόλπου, έχοντας σαν οδηγό σημείο το ακμονικό βοθρίο. Ο προσωπικός κόλπος ή facial recess είναι μια τριγωνική περιοχή που ορίζεται (α) άνω με το ακμονικό βοθρίο, (β) το νεύρο χορδή τυμπάνου πλευρικά και οπίσθια, και (γ) το προσωπικό νεύρο μέσω και κατώτερα. Το προσωπικό νεύρο είναι συνήθως ορατό δια του οστού χωρίς την έκθεσή του. Μετά την οπίσθια τυμπανοτομή, είναι ορατή η φωλέα της στρογγύλης θυρίδας περίπου 2 χιλ. κάτω από τον αναβολέα. Περιστασιακά, η φωλέα της στρογγύλης θυρίδας είναι όπισθεν και δεν είναι αρκετά ορατή ή εμφανίζεται αμυδρά λόγω της οστεοποίησης. Ιδιαίτερα σε αυτές τις καταστάσεις, είναι σημαντικό να μην δοθεί λανθασμένη κατεύθυνση εξαιτίας υποτυμπανικών κυψελών. Η είσοδος μέσα στη τυμπανική κλίμακα επιτυγχάνεται μέσω μιας κοχλιοστομίας που δημιουργείται πρόσω και κατώτερα του δακτυλίου της μεμβράνης της στρογγύλης θυρίδας. Δημιουργείται μια μικρή οπή ελαφρώς μεγαλύτερη από το ηλεκτρόδιο που θα εμφυτευθεί. Χρησιμοποιείται μία μικρή διαμαντένια φρέζα για να διαχωρίσει το ενδόστεο από τη τυμπανική κλίμακα και η ενδοοστική μεμβράνη αφαιρείται με τη χρήση μικρών βελόνων. Αυτή η προσέγγιση παρακάμπτει την κεκαμένη περιοχή της τυμπανικής κλίμακας, επιτρέποντας την άμεση εισαγωγή του ηλεκτροδίου. Μετά την εισαγωγή του ηλεκτροδίου, η κοχλιοστομία σφραγίζεται με μικρά κομμάτια ιστού (εικόνα 5).

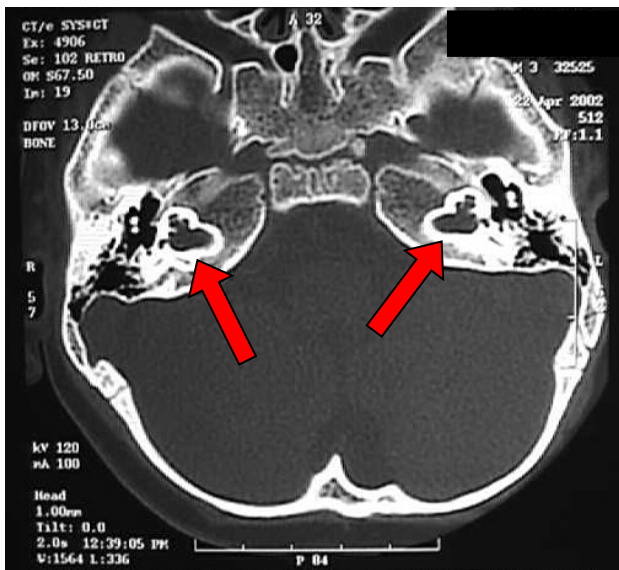


Εικόνα 5. Η θέση του κοχλιακού εμφυτεύματος Nucleus® 24 Contour, μετά τη χειρουργική τοποθέτησή του.

Χειρουργικά προβλήματα και επιπλοκές

Η κοχλιακή δυσπλασία

Σε περιπτώσεις δυσπλασίας του κοχλία, κατά την διάτρησή του, στην κοχλιοστομία, μπορεί να εμφανιστεί περιλεμφική πλημμυρίδα (Gusher) με ENY. Η ροή του ENY ελέγχεται επιτυχώς με την είσοδο στον κοχλία μέσω ενός μικρού ανοίγματος, που επιτρέπει στην δεξαμενή ENY να αδειάσει εντελώς και μετά την εισαγωγή του ηλεκτροδίου στη κοχλιοστομία, να στερεωθεί στεγανά με τεμάχια ιστού. Είναι απαραίτητο η πηγή της διαρροής να είναι στο πλευρικό μέρος του εσωτερικού ακουστικού πόρου. Επιπλέον, μπορεί να τοποθετηθεί ένας οσφυϊκός αγωγός για να μειώσει τη δεξαμενή ENY μέχρι να δημιουργηθεί ένας ικανοποιητικός ιστός. Σε βαριές περιπτώσεις δυσπλασίας με μια παραμόρφωση κοινής κοιλότητας (εικόνα 6), η εισαγωγή του ηλεκτροδίου μπορεί να γίνει άμεσα από μια διαμαστοειδική λαβυρινθεκτομή. Η ωτική κάψα μπορεί να ανοιχτεί όπισθεν και άνωθεν από το δεύτερο γόνο του προσωπικού νεύρου, και έτσι επιτυγχάνεται είσοδος στην κοινή κοιλότητα. Αρκετοί ασθενείς θεραπεύτηκαν κατ' αυτό τον τρόπο χωρίς αιθουσαίες παρενέργειες.



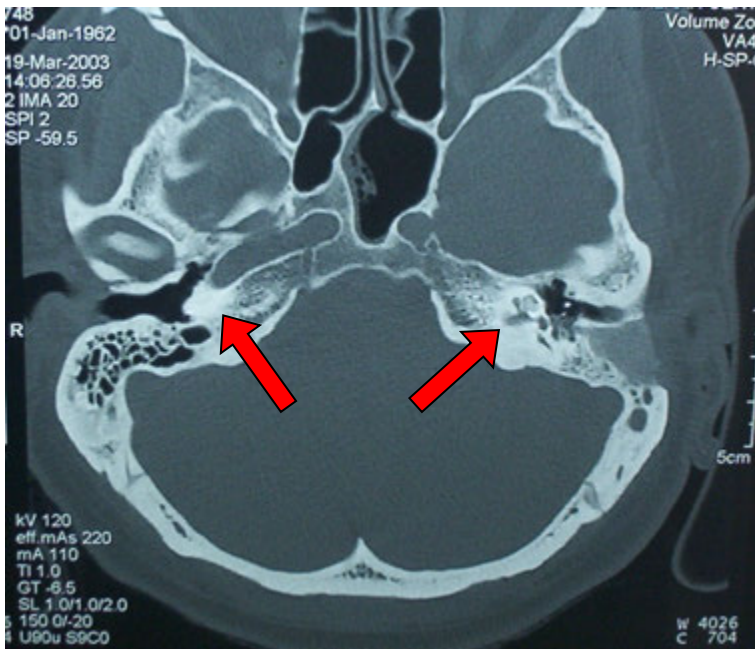
Εικόνα 6. Αξονική τομογραφία από ασθενή με δυσπλασία κοινής κοιλότητας.

Παρεκκλίνον προσωπικό νεύρο

Σε ασθενείς που έχουν λαβυρινθικές δυσμορφίες και περιστασιακά σε ασθενείς με κατά τα άλλα κανονική ανατομία, το προσωπικό νεύρο μπορεί να ακολουθεί μια παρεκκλίνουσα πορεία. Αν και όλες η παρεκκλίσεις του προσωπικού νεύρου δεν έχουν επιπτώσεις στη χειρουργική επέμβαση για Κ.Ε., εκείνες που προκαλούν προβλήματα πρέπει να αναγνωρίζονται και να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά. Δύο ανώμαλες πορείες του προσωπικού νεύρου που θέτουν σε κίνδυνο την εγχείριση είναι το πλευρικά και πρόσθια μετατοπισμένο κάθετο τμήμα του προσωπικού νεύρου και ένα προσωπικό νεύρο που έχει πορεία πάνω από το ακρωτήριο πάνω ή πρόσθια της στρογγύλης θυρίδας. Για τον λόγο αυτό πολλοί χειρουργοί χρησιμοποιούν την παρακολούθηση της λειτουργίας (monitoring) του προσωπικού νεύρου, σε όλη τη διάρκεια του χειρουργείου²⁴.

Ενδοκοχλιακή οστεοποίηση

Η ενδοκοχλιακή οστεοποίηση της στρογγύλης θυρίδας είναι συνηθισμένη στους ασθενείς μετά από μηνιγγίτιδα και έχει εμφανιστεί περίπου στα μισά από τα παιδιά για των οποίων την κώφωση ήταν αιτία η μηνιγγίτιδα. Σε αυτούς τους ασθενείς, δημιουργείται μια κοχλιοστομία πρόσθια της στρογγύλης θυρίδας και το νέο οστό τρυπιέται με φρέζα έως ότου δημιουργηθεί μια είσοδος σε μια ανοιχτή κλίμακα. Τότε μπορεί να επιτευχθεί μια πλήρης εισαγωγή των ηλεκτροδίων. Λιγότερο συχνά, μπορεί να εμφανιστούν λαβυρινθικές σκληρύνσεις με εκτενές ενδοκοχλιακή οστεοποίηση και πλήρη εξάλειψη της τυμπανικής κλίμακας (εικόνα 7).



Εικόνα 7. Αξονική τομογραφία από ασθενή με οστεοποιημένους κοχλίες.

Σε αυτές τις περιπτώσεις, προτιμάται να τρυπήσουμε με φρέζα τη βασική έλικα του κοχλία και δημιουργώντας μια σήραγγα περίπου 6 χιλ. βαθιά, να εισάγουμε μερικώς το ηλεκτρόδιο. Αυτό επιτρέπει την εμφύτευση περίπου των μισών ενεργών ηλεκτροδίων, τα οποία έχουν δώσει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο βραχύτερος τύπος ηλεκτροδίου. Υπάρχουν και ειδικά σχεδιασμένα διπλά ή τριπλά ηλεκτρόδια. Το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται στη σήραγγα που περιγράφεται παραπάνω και το δεύτερο ενεργό ηλεκτρόδιο τοποθετείται σε μια πρόσθετη κοχλιοστομία που δημιουργείται ακριβώς πρόσθια της ωοειδούς θυρίδας.

Επιπλοκές

Οι επιπλοκές στη χειρουργική επέμβαση του Κ.Ε. είναι σπάνιες και μπορεί κατά ένα μεγάλο μέρος να αποφευχθούν με προσεκτικό προεγχειρητικό προγραμματισμό και σχολαστική χειρουργική τεχνική. Μεταξύ των πιο συνηθισμένων προβλημάτων που αντιμετωπίζονται είναι εκείνα που συνδέονται με την τομή και τον οπισθοωτιαίο κρημό και τον τραυματισμό του προσωπικού νεύρου. Με τη χρήση της τομής που περιγράφηκε, αντιμετωπίζεται σπάνια βλάβη ή νέκρωση του κρημού στον παιδιατρικό πληθυσμό. Αναφέρονται κάποια περιστατικά με προσωρινή πάρεση του προσωπικού και περιλημφοκή πλημμυρίδα σε παιδιά με δυσπλασία Mondini. Επιπλέον αρκετοί ασθενείς με σύνδρομο διευρυμένου αιθουσαίου υδραγωγού έχουν εμφανίσει Gusher.

Επειδή τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα στην μέση ωτίτιδα από τους ενήλικες, είχε εκφραστεί δικαιολογημένη ανησυχία ότι μια μόλυνση του μέσου αυτιού θα μπορούσε να καταστήσει το εμφύτευμα ένα μολυσμένο ξένο σώμα, που απαιτείται η αφαίρεσή του. Μπορεί να εμφανιστεί μια καθυστερημένη μαστοειδίτιδα (αρκετά έτη μετά από την χειρουργική επέμβαση), με συνέπεια ένα οπισθοωτιαίο απόστημα. Αυτοί οι ασθενείς θεραπεύονται με τομή, παροχέτευση και ενδοφλέβια αντιβιοτικά χωρίς να χρειαστεί η αφαίρεση του εμφυτεύματος. Ακόμα μεγαλύτερη ανησυχία προκαλεί το γεγονός ότι αυτή η μόλυνση μπορεί να επεκταθεί κατά μήκος του ηλεκτροδίου στο εσωτερικό αυτί, με αποτέλεσμα μια σοβαρή ωτογενή επιπλοκή, όπως η μηνιγγίτιδα ή ο περαιτέρω εκφυλισμός του κεντρικού ακουστικού συστήματος. Η επίπτωση από τη μέση ωτίτιδα στα παιδιά με Κ.Ε. παραλληλίζεται στατιστικά με αυτή που εμφανίζεται στον γενικό παιδιατρικό πληθυσμό. Με τη χρήση ευρέως φάσματος αντιβιοτικών και θεραπευτικών μεθόδων, δεν έχει εμφανιστεί καμία σοβαρή επιπλοκή που να σχετίζεται με τη μέση ωτίτιδα.

ΔΙΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Σε όλη τη διάρκεια του χειρουργείου και κυρίως κατά την οπίσθια τυμπανοτομή, σημαντική βοήθεια στον χειρουργό δίνει η παρακολούθηση της λειτουργίας (monitoring) του προσωπικού νεύρου, ώστε να διασφαλισθεί η επιτυχία της επέμβασης ακόμα και σε περιπτώσεις με αλλοιώσεις των χειρουργικών ανατομικών οδηγών σημείων και σε τυχόν παρεκκλίνουσα πορεία του, όπως ήδη αναφέρθηκε. Η παρακολούθηση αυτή γίνεται με τη καταγραφή των ηλεκτρικών μυϊκών δυναμικών σε δύο περιοχές συνήθως, στη χειλεοστοματική γωνία και περιβλεφαρικά, που νευρώνονται από τον άνω και κάτω κλάδο του προσωπικού νεύρου. Τα δυναμικά εμφανίζουν πολυφασικές ώσεις διέγερσης από τους κραδασμούς ή τη θερμότητα που παράγει το οστεογλύφανο, κοντά στο νεύρο, που χάνονται σε απομάκρυνση της αιτίας και παρατεταμένης διάρκειας σε περίπτωση τραυματισμού του νεύρου.

Μετά την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στον κοχλία γίνεται ο ηλεκτροφυσιολογικός έλεγχος του εμφυτεύματος, που χωρίζεται σε τεχνικό και βιολογικό:

Οι τεχνικές δοκιμασίες με τις οποίες ελέγχουμε τη συσκευή του Κ.Ε. (hardware) είναι η τηλεμετρία, η μέτρηση της αντίστασης των ηλεκτροδίων και η καταγραφή σε πραγματικό χρόνο των ηλεκτροδιακών τάσεων (EV), ή ειδικότερα του μέσου όρου των ηλεκτροδιακών φορτίων (AEV, Average Electrode Voltages).

Οι βιολογικές δοκιμασίες με τις οποίες ελέγχουμε τη λειτουργία της ακουστικής οδού είναι τα ηλεκτρικώς εκλύόμενα αντανάκλαστικά του αναβολέα (ESR, electrically elicited stapedious reflexes), η μέθοδος καταγραφής των ηλεκτρικών ακουστικών προκλητών δυναμικών του εγκεφαλικού στελέχους (EABR, Electrical Auditory Brainstem Response) και τα ηλεκτρικά προκλητά νευρικά δυναμικά (ECAP, Electrically Evoked Compound Action Potentials) όπως το πρόγραμμα N.R.T. (Neural Response Telemetry)^{25,26}.

Έτσι βγαίνοντας ο ασθενής από το χειρουργείο γνωρίζουμε ότι το κοχλιακό εμφύτευμα λειτουργεί σωστά, ότι ο ασθενής “ακούει” και αποκτούμε πολύτιμες πληροφορίες για τον ουδό της E.A.B.R. και της NRT που θα μας βοηθήσουν μετέπειτα στη ρύθμιση και στη προσαρμογή του κοχλιακού εμφυτεύματος, κυρίως στα παιδιά.

Εκτός από τις ηλεκτροφυσιολογικές μεθόδους, διεγχειρητικά μπορεί να ζητηθεί ακτινολογικός έλεγχος, σε περίπτωση αμφιβολίας για την σωστή τοποθέτηση του ηλεκτροδίου.

ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Το στάδιο αυτό είναι το πλέον σοβαρό όσον αφορά τη λειτουργία και την απόδοση του κοχλιακού εμφυτεύματος. Απαιτεί υπομονή και επιμονή πρώτον από μέρος του ιατρού ο οποίος κάνει κατά διαστήματα τις ρυθμίσεις του μηχανήματος προσπαθώντας να βρει για κάθε ασθενή την άριστη ένταση και διαμόρφωση με την οποία πρέπει να διοχετεύονται τα ακουστικά μηνύματα ούτως ώστε αυτός να έχει μια ευχάριστη και φυσιολογική ακοή. Δεύτερον όταν πρόκειται για παιδιά από μέρος του λογοθεραπευτή, ο οποίος θα μάθει στο παιδί, που ουδέποτε άκουσε στη ζωή του, να μεταφράζει τα ακουστικά σήματα σε ομιλία με τη βοήθεια της παιγνιοακουομετρίας και της ακουομετρίας ακουστικής συμπεριφοράς και τρίτον από μέρος του ίδιου του ασθενή και του περιβάλλοντός του.

Η ενεργοποίηση και η ρύθμιση δηλ. ο προγραμματισμός του Κ.Ε. αρχίζει μερικές μέρες μετά από την εγχείρηση και ακολουθούν περιοδικοί έλεγχοι και ρυθμίσεις, που είναι συχνότερες στα παιδιά. Ο κάθε νέος προγραμματισμός αξιολογείται από την επίδοση του ασθενή όσον αφορά την ακουστική αντίληψη των ήχων και της ομιλίας και τη διάκριση των επιμέρους στοιχείων της φώνησης με την ομιλητική ακουομετρία.

Παρακολούθηση

Για την προσαρμογή και τη ρύθμιση του Κοχλιακού Εμφυτεύματος απαιτείται η παρουσία ειδικά εκπαιδευμένου ιατρού που με το κατάλληλο πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή ρυθμίζει τη στρατηγική, την κατανομή και την ένταση των ηλεκτρικών ερεθισμάτων που διοχετεύονται μέσω του εμφυτεύματος στον κοχλία του ασθενούς. Επίσης χρειάζεται απαραίτητα ένας εξειδικευμένος λογοθεραπευτής που βοηθά τον ασθενή να κατανοήσει τον καινούργιο κόσμο των ήχων που βιώνει μετά την εμφύτευση. Χρειάζεται δηλαδή μετεγχειρητικά ομαδική δουλειά από επιτελείο επιστημόνων για να επιτευχθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα.

Ο ασθενής μετά από μερικές ημέρες επανέρχεται για την ενεργοποίηση του Κ.Ε. και συνεχίζει με τακτικούς περιοδικούς ελέγχους κατά τον 1°, 3°, 6°, 12°, 18°, 24°, 36° και 48° μήνα.

Όλοι οι έλεγχοι καταγράφονται σε Video ώστε να υπάρχουν συγκριτικά στοιχεία για κάθε ασθενή. Κατά τους ελέγχους αυτούς, εκτός από την ρύθμιση - χαρτογράφηση του Κ.Ε. (mapping), ελέγχεται και η λειτουργικότητα του συστήματος. Αρχικά το εξωτερικό τμήμα με διαγνωστικό του ηλεκτρονικού μέρους και την εκτίμηση του headset και κατόπιν το εσωτερικό τμήμα με την Α.Ε.Υ. και Rx κρανίου. Ο ακτινολογικός έλεγχος κατά Stanvers, γίνεται στην ενεργοποίηση και στο 12° μήνα, για την επαλήθευση της σταθερότητας του συστήματος, δηλαδή της σωστής θέσης του ηλεκτροδίου, του βάθους τοποθέτησής του και τον αποκλεισμό τυχών μετατοπίσεων.

Συνεχίζουμε με τον έλεγχο της λειτουργίας του Κ.Ε. με βιολογική απάντηση, δηλαδή με τα ακουστικά προκλητά δυναμικά με το speech processor (AEBR), με τη NRT ή ART, με ανάλυση του feedback ακοής / έκφρασης, με ακουόγραμμα ελεύθερου πεδίου και με την ομιλητική ακουομετρία.

Ο κάθε έλεγχος ολοκληρώνεται με την εξέταση κατανόησης ομιλίας (μόνο για άτομα με κώφωση σε προγλωσσική ηλικία) και με τα ψυχομετρικά ερωτηματολόγια.

A) Τεχνικές δοκιμασίες

Τηλεμετρία και μέτρηση των αντιστάσεων του ηλεκτροδίου. Ηλεκτροδιακές τάσεις (EV). Ηλεκτροδιακές τάσεις μετά από αλγεβρική ανάλυση (Averaged Electrode Voltages)

B) Βιολογικές δοκιμασίες

Ηλεκτρικό αντανακλαστικό του μυός του αναβολέα (ESR, Electrical Stapedius Reflex). Ηλεκτρικά Προκλητά Νευρικά Δυναμικά (ECAP, Electrically Evoked Compound Action Potentials) όπως NRT ή ART. Ηλεκτρικά Προκλητά Δυναμικά του Εγκεφαλικού Στελέχους (EABR, Electrical Auditory Brainstem Response). Ηλεκτρικές Μέσου Λανθάνοντα Χρόνου Απαντήσεις (EMLR, Electrical Middle Latency Responses). Ηλεκτρικές Απαντήσεις με Βραδύ Λανθάνοντα Χρόνο (ELLR, Electrical Late Latency Responses) “event related potentials” (ERPs), “mismatch negativity” (MMN) και P300.

Τα ηλεκτρικά δυναμικά μέσου λανθάνοντα χρόνου (EMLR) και τα διάφορα ηλεκτρικώς εκλυόμενα φλουικά δυναμικά (Event Related Potentials, MMN και P 300) είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την εξέταση των μικρών παιδιών. Οι μέθοδοι ESR, ECAP και EABR συμβάλλουν στο προγραμματισμό του κοχλιακού εμφυτεύματος.

Τα φλουικά δυναμικά, με την έγχρωμη εγκεφαλική χαρτογράφηση, δίνουν πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος επεξεργάζεται το ερέθισμα που δέχεται από το κοχλιακό εμφύτευμα.

Καθώς καινούργιοι ασθενείς με κοχλιακό εμφύτευμα προστίθενται καθημερινά και νέα μοντέλα κοχλιακών εμφυτευμάτων εμφανίζονται προς χρήση, η ανάγκη εφαρμογής των αντικειμενικών μετρήσεων στους ασθενείς αυτούς, ιδίως στα μικρά παιδιά, είναι προφανής. Απαραίτητη επομένως είναι η γνώση των τεχνικών αντικειμενικής μέτρησης που εφαρμόζονται στους ασθενείς κατά και μετά τη κοχλιακή εμφύτευση.

Προσαρμογή και ρύθμιση του Κ.Ε.

Στα περισσότερα κέντρα ο προγραμματισμός εκτελείται από ιατρούς ή ακοολόγους, εντούτοις μπορούν να αναμιχθούν και άλλοι επαγγελματίες με κατάλληλη εμπειρία και κατάρτιση, αλλά πάντα υπό ιατρική επίβλεψη, μη ξεχνώντας ότι στην περίπτωση αυτή διοχετεύουμε ρεύμα κατευθείαν στο ακουστικό νεύρο.

Ο στόχος είναι, χρησιμοποιώντας τις γνώσεις της προσθετικής ακουομετρίας, της νευροφυσιολογίας της ακοής και της παιδιατρικής κλινικής ακουολογίας, να ρυθμιστεί το Κ.Ε., έτσι ώστε ο χρήστης να αποκτήσει ακουστική ουδό τέτοια που να επιτρέπει την αναγνώριση της ομιλίας, με επαρκή διακριτική ικανότητα.

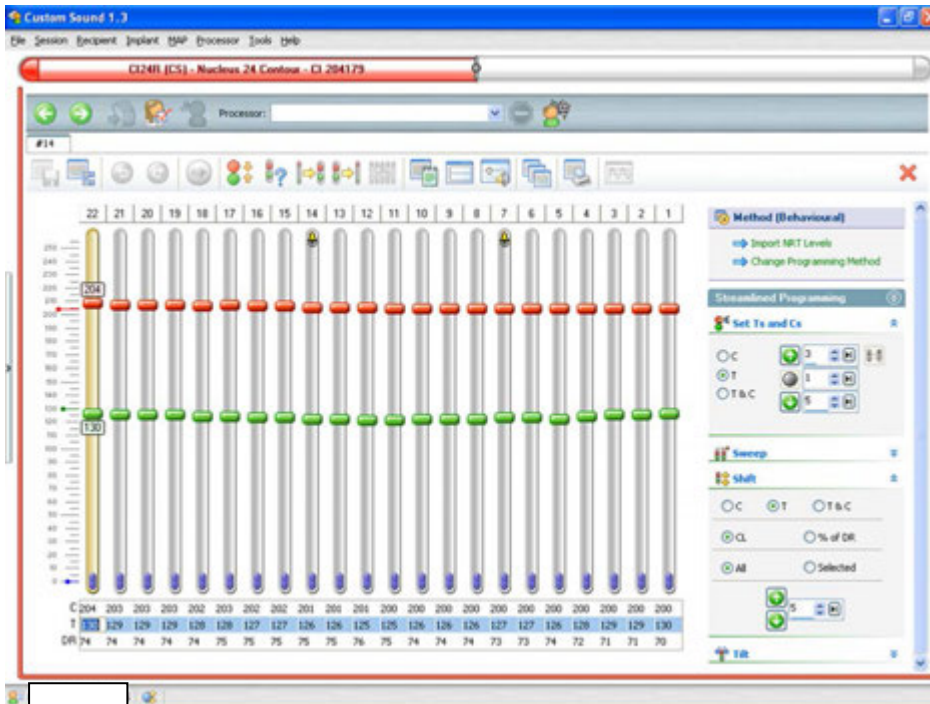
Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται συμπεριφοριστικές μέθοδοι. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης Κ.Ε. ανταποκρίνεται με κάποιο τρόπο στα σήματα που στέλνονται στο εμφύτευμα του. Συνήθως ο επεξεργαστής ομιλίας διασυνδέεται σε έναν υπολογιστή που “τρέχει” το εξειδικευμένο λογισμικό και πραγματοποιείται ο αυτοματοποιημένος έλεγχος της λειτουργίας του εμφυτεύματος (Telemetry). Έπειτα ο χρήστης φορά το πηνίο μετάδοσης όπως συνήθως. Παρ’ όλα αυτά σε αυτό το σημείο ο χρήστης δεν ακούει εξωτερικούς ήχους, άντ’ αυτού ο υπολογιστής παράγει ηλεκτρικά σήματα που στέλνονται στο εμφύτευμα υπό τον έλεγχο του ακουολόγου.

Ο προγραμματισμός ή ρύθμιση ή “mapping”

Σε κάθε χρήστη Κ.Ε. το ακουστικό νεύρο και ο εγκέφαλος ανταποκρίνονται διαφορετικά στα ηλεκτρικά σήματα που παράγονται από τα ηλεκτρόδια. Επομένως “μία ρύθμιση δεν ταιριάζει σε όλους”. Ας υποθέσουμε ότι δύο άνθρωποι χρησιμοποιούν τα ίδια εμφυτεύματα. Για το ένα άτομο ένα επίπεδο ηλεκτρικού σήματος 180 μονάδων (CL) μπορεί να αντιπροσωπεύει έναν σιγανό ήχο. Για τον άλλο το ίδιο επίπεδο θα μπορούσε να είναι πολύ δυνατό, ή ακόμα και άβολα δυνατό. Όλα εξαρτώνται από την απάντηση του νεύρου τους στα σήματα. Κάθε χρήστης εμφυτεύματος επομένως χρειάζεται ένα εξατομικευμένο σύνολο πληροφοριών σχετικά με την απάντηση του νεύρου του. Αυτές οι πληροφορίες ονομάζονται “χάρτης” ή πρόγραμμα (MAP) και αποθηκεύονται στη μνήμη του επεξεργαστή ομιλίας. Ο χάρτης “ορίζει” στον επεξεργαστή ότι για αυτόν τον χρήστη, οι 180 μονάδες ακούγονται σαν σιγανός σε ένταση ήχος και οι 230 σαν δυνατός. Επομένως όταν ο επεξεργαστής καταχωρεί έναν σιγανό ήχο, ένα επίπεδο περίπου 180 μονάδων πρέπει να σταλεί στο νεύρο, και αντιστοίχως, 230 για έναν δυνατό ήχο. Κατ’ αυτό τον τρόπο το επίπεδο (ή ηχηρότητα) των ήχων που λαμβάνει ο επεξεργαστής χαρτογραφείται στα ηλεκτρικά επίπεδα που πρέπει να σταλούν στο εμφύτευμα. Εντούτοις ο ήχος έχει ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό την συχνότητα ή τον τόνο. Στα κοχλιακά εμφυτεύματα αυτό αντιπροσωπεύεται κυρίως με τη χρήση των καναλιών. Όλα τα σύγχρονα εμφυτεύματα έχουν διάφορα κανάλια που αντιστοιχούν στα μεμονωμένα ηλεκτρόδια της διάταξης. Ο επεξεργαστής ομιλίας χωρίζει το ηχητικό σήμα σε αυτά τα κανάλια ανάλογα με τη συχνότητα του ήχου. Οι ήχοι με χαμηλότερη συχνότητα θα σταλούν στα ηλεκτρόδια βαθύτερα μέσα στον κοχλία και οι ήχοι με υψηλότερη συχνότητα στα πιο ρηχά τοποθετημένα ηλεκτρόδια. Αυτό μιμείται τον τρόπο που ανταποκρίνεται το πλήρως λειτουργικό εσωτερικό αυτί και βοηθά στην διαβίβαση των πληροφοριών του ύψους του ήχου στο χρήστη του εμφυτεύματος (εικόνα 8).

Τα σιγανά/δυνατά επίπεδα δεν διαφέρουν μόνο μεταξύ των ανθρώπων, διαφέρουν επίσης μέχρι ενός ορισμένου βαθμού και μεταξύ αυτών των καναλιών. Επομένως, όπως και παραπάνω, οι 180 μονάδες θα μπορούσαν να είναι σιγανές σε ένα κανάλι αλλά σε άλλο δυνατές, ακόμη και για το ίδιο πρόσωπο. Έτσι απαιτούνται οι πληροφορίες για κάθε κανάλι. Μέχρι τώρα τα επίπεδα έχουν περιγραφεί από την άποψη του χαμηλού και του υψηλού. Κάθε κανάλι έχει τρία χαρακτηριστικά, τον ουδό διέγερσης (Threshold ή T level), τον ουδό ανοχής (Comfortable ή C Level) και το δυναμικό εύρος (Dynamic Range). Το T level είναι το χαμηλότερο ηλεκτρικό επίπεδο που προκαλεί μια ανιχνεύσιμη ακουστική αίσθηση για τον χρήστη. Τα χαμηλότερα ακουστικά επίπεδα στα οποία

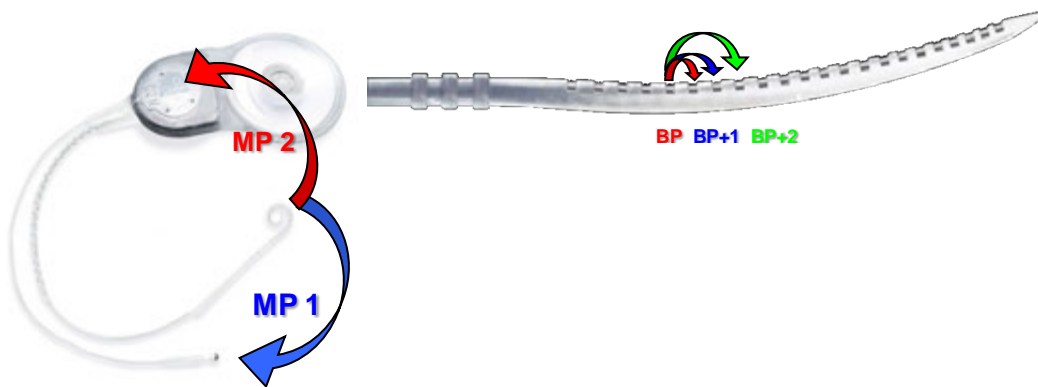
ο επεξεργαστής ομιλίας ανταποκρίνεται θα χαρτογραφηθούν σε ηλεκτρική διέγερση σε αυτό το επίπεδο, γι αυτό το κανάλι. Το C Level είναι το πιο υψηλό ηλεκτρικό επίπεδο που προκαλεί μια ακουστική αίσθηση που είναι δυνατή αλλά ακόμα ευχάριστη για το χρήστη. Τα πιο υψηλά ακουστικά επίπεδα για τα οποία ανταποκρίνεται ο επεξεργαστής ομιλίας θα χαρτογραφηθούν σε ηλεκτρική διέγερση σε αυτό το επίπεδο, γι αυτό το κανάλι. Το δυναμικό εύρος είναι απλά η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο επιπέδων.



Εικόνα 8. Οι ρυθμίσεις από ένα map στο πρόγραμμα Custom Sound της Cochlear. Διακρίνονται με κόκκινο τα C level, με πράσινο τα T level και για τα 22 ηλεκτρόδια.

Οι πραγματικοί αριθμοί, ή το μέγεθος του δυναμικού εύρους δεν είναι πάρα πολύ σημαντικοί. Είναι σημαντικότερο τα επίπεδα να προκαλούν το σωστό βαθμό ηχηρότητας για το χρήστη. Κατ' αυτό τον τρόπο οι ήχοι που συλλέγονται από τον επεξεργαστή θα χαρτογραφηθούν στα σωστά επίπεδα ηχηρότητας που δίνουν στο χρήστη τις μέγιστες πληροφορίες του ακουστικού σήματος. Ο επεξεργαστής ομιλίας δειγματοληπτεί τους εισερχόμενους ήχους, πολλές φορές το δευτερόλεπτο και στέλνει τα αντίστοιχα ηλεκτρικά σήματα στο εμφύτευμα.

Μια επιπλέον πλευρά του προγραμματισμού είναι ποια στρατηγική επεξεργασίας της ομιλίας υιοθετείται. Οι επιλογές γίνονται ανάμεσα στις SAS (simultaneous analog strategy), SPEAK (spectral peak), CIS (continuous interleaved sampling) και ACE (advanced combined encoder). Αυτό επηρεάζει παράγοντες όπως ο ρυθμός με τον οποίο οι πληροφορίες στέλνονται στα κανάλια και εάν τα κανάλια διεγείρονται μαζί ή χωριστά, καθώς επίσης και διάφορα άλλα τεχνικά χαρακτηριστικά. Οι σημαντικότερες ρυθμίσεις, μέσα σε κάθε στρατηγική, είναι ο ρυθμός διέγερσης του νεύρου σε κάθε επιμέρους ηλεκτρόδιο (rate), το εύρος του κάθε παλμού διέγερσης (pulse) και ο τρόπος ερεθισμού, δηλαδή το δεύτερο ηλεκτρόδιο που θα λειτουργεί ως γείωση αν θα είναι εξωκοχλιακό με μονοπολικό ερεθισμό (MP1, MP2 και MP1+2) ή ενδοκοχλιακό με διπολικό ερεθισμό (BP, BP+1 και BP+2) ή όλα τα υπόλοιπα ενδοκοχλιακά ηλεκτρόδια που δίνουν ταχύτερη αγωγιμότητα λόγω κοινής γείωσης (CG)(εικόνα 9).



Εικόνα 9. Οι τρόποι ερεθισμού, με την επιλογή της γείωσης εξωκοχλιακά με μονοπολικό ερεθισμό (MP1, MP2 και MP1+2) ή ενδοκοχλιακά με διπολικό ερεθισμό (BP, BP+1 και BP+2) ή με κοινή γείωση (CG).

Τα κοχλιακά εμφυτεύματα μπορούν να εφαρμόσουν μονοπολική ή διπολική διέγερση. Σε ένα μονοπολικό σύστημα υπάρχει μόνο ένα ηλεκτρόδιο γείωσης για όλα τα άλλα. Η γείωση βρίσκεται συνήθως έξω από τον κοχλία. Κατά συνέπεια δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο από το διεγερμένο ηλεκτρόδιο στη γείωση. Μια διπολική ρύθμιση είναι τέτοια που η γείωση για κάθε ηλεκτρόδιο είναι πολύ πιο κοντά (δίπλα, ή μερικά ηλεκτρόδια μακριά). Στο ιδιαίτερα αγωγίμο περιβάλλον του εσωτερικού αυτιού, η μονοπολική διέγερση οδηγεί σε μερικούς περιορισμούς. Δεδομένου ότι τα πρόσθετα ηλεκτρόδια διεγείρονται με διαφορετικά ρεύματα (κανάλια) πληροφοριών τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται από τα διεγερμένα ηλεκτρόδια μπορούν να εμπλακούν με τα πεδία άλλων τόπων. Αυτό καθιστά δύσκολη την διέγερση περισσότερων από ένα ηλεκτρόδιων τη φορά, ή των ηλεκτρόδιων που είναι σε κοντινή θέση. Η διπολική διαμόρφωση ήταν μια προσπάθεια να περιοριστεί αυτή η αλληλεπίδραση με την τοποθέτηση μιας γείωσης κοντά σε κάθε ηλεκτρόδιο έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα μικρότερο πεδίο με λιγότερη παρέμβαση και περισσότερο διακριτική διέγερση. Άλλη μια φορά, μια μόνο προσέγγιση δεν ικανοποιεί όλους τους ασθενείς. Κατά συνέπεια, πολλά εμφυτεύματα προσφέρουν και τις δύο μεθόδους γείωσης.

Άλλες πιο εξειδικευμένες ρυθμίσεις είναι η ευαισθησία του μικροφώνου, το κέρδος εισόδου για κάθε ηλεκτρόδιο, ο αυτόματος έλεγχος κέρδους εισόδου (AGC, Automatic Gain Control) για το σύνολο του σήματος, το επίπεδο έναρξης της διέγερσης (Base Level) και η τιμή Q (Q-value) που ορίζει στον αλγόριθμο της στρατηγικής τη μη γραμμική καμπύλη σχέσης εισόδου εξόδου διέγερσης.

Καθορισμός των επιπέδων T και C

Ουδός, T level

Κατά την ρύθμιση στους ενήλικες, ο ακοολόγος δίνει τα σήματα πρώτα σε επίπεδο όπου ο χρήστης πρέπει να είναι σε θέση να τα ανιχνεύσει εύκολα έτσι εξοικειώνονται με το στόχο. Ο χρήστης ανταποκρίνεται όποτε ακούει έναν ήχο, ίσως με το πάτημα ενός κουμπιού, ή απλώς λέγοντας ότι το άκουσε. Ο ακοολόγος ρυθμίζει το επίπεδο έως ότου βρεθεί το σιγανότερο επίπεδο στο οποίο το σήμα είναι ανιχνεύσιμο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τα διαφορετικά κανάλια. Με τα μεγαλύτερα παιδιά, μπορεί να ακολουθηθεί μια παρόμοια διαδικασία. Μερικές φορές το πάτημα ενός κουμπιού, μπορεί να αντικατασταθεί από μια δραστηριότητα παιχνιδιού όπως η τοποθέτηση ενός κύβου ή αντικειμένου μέσα σ' ένα κουτί ή κάτι σχετικό. Μπορεί να πάρει αρκετό χρόνο στο παιδί να συνηθίσει αυτή την δραστηριότητα έτσι απαιτείται σίγουρα υπομονή. Για τα πιο μικρά παιδιά μια εναλλακτική λύση είναι η δοκιμασία οπτικής ενίσχυσης. Ο ακοολόγος στέλνει ένα σήμα πιθανά ευδιάκριτο και συγχρόνως ένα παιχνίδι σε μια διάταξη φωτίζεται έντονα. Το παιχνίδι

επισημαίνεται στο παιδί. Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρι το παιδί να ταιριάζει το σήμα με το παιχνίδι. Τότε οι ήχοι παρουσιάζονται πάλι, αλλά το παιχνίδι δεν ανάβει έως ότου γυρίσει το παιδί για να ψάξει το παιχνίδι. Κατ' αυτό τον τρόπο ο ακοολόγος μπορεί να καθορίσει εάν το παιδί έχει ανιχνεύσει το σήμα. Ένας βοηθός αποσπά το παιδί κατά τη διάρκεια αυτού με ένα άλλο παιχνίδι για να διασφαλίσει ότι το παιδί απλά δεν υποθέτει. Σε μερικές περιπτώσεις καμία από αυτές τις τεχνικές δεν είναι δυνατή. Έτσι ο ακοολόγος συχνά, απλά θα παρατηρήσει το παιδί καθώς του παρουσιάζονται διαφορετικά επίπεδα. Ο ακοολόγος με την εμπειρία του μπορεί να καθορίσει κατά ένα μεγάλο βαθμό ποια επίπεδα σήματος ανιχνεύονται και κατ' αυτόν τον τρόπο να δημιουργήσει ένα map (χάρτη). Καθώς το παιδί συνηθίζει τα ακουστικά σήματα και την διαδικασία εξέτασης μπορεί να προχωρήσει σε πιο ανεπτυγμένες δοκιμασίες όπως περιγράφονται παραπάνω.

Ουδός ανοχής, C level

Με τους ενήλικες, ο ακοολόγος θα αυξήσει το επίπεδο και θα ζητήσει από το χρήστη να δείξει πότε αυτό γίνεται δυνατό αλλά είναι ακόμα ανεκτό. Εναλλακτικά ο χρήστης μπορεί να εκτιμήσει τους ήχους σε μια κλίμακα, δηλ. σιγανός/μέσος/δυνατός και άνετος/πάρα πολύ δυνατός, ή παρομοίως. Ξανά με τα μεγαλύτερα παιδιά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια παρόμοια τεχνική. Με τα πιο μικρά παιδιά ο ακοολόγος μπορεί να αυξήσει το επίπεδο των σημάτων και να παρατηρήσει το παιδί. Οι ενδείξεις ότι ο ήχος γίνεται δυνατός περιλαμβάνουν βλεφαρισμό, την παύση της δραστηριότητας του παιχνιδιού ή το κοίταγμα στους γονείς για επιβεβαίωση. Ο ακοολόγος μπορεί να ερμηνεύσει αυτά τα γεγονότα και επομένως να βρει τον ουδό ανοχής για κάθε συχνότητα - κανάλι. Στις πρώτες ημέρες μετά από την εμφύτευση χρησιμοποιείται μια προσεκτική μέθοδος και ο ακοολόγος μπορεί να θέσει τα C levels σε χαμηλά ηλεκτρικά επίπεδα. Αυτό γίνεται για να δοθεί χρόνος ώστε ο χρήστης να εξοικειωθεί με τη νέα διέγερση και να αποφύγει την ενόχληση του έντονου ερεθίσματος. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό με τα πιο μικρά παιδιά που οι νέοι ήχοι και εμπειρίες πρέπει να προχωρούν σε έναν ρυθμό κατάλληλο για αυτά.

Εναλλακτικές μέθοδοι

Υπάρχουν μερικές εναλλακτικές λύσεις στις συμπεριφοριστικές μεθόδους. Μερικές φορές τα C levels μπορούν να υπολογιστούν με την εύρεση του επιπέδου στο οποίο εμφανίζεται το αντανάκλαστικό του μυός του αναβολέα (Electrical Stapedial Reflex Threshold).

Οι απαντήσεις του νεύρου και του εγκεφάλου στην διέγερση μπορούν να καταγραφούν από τα ηλεκτρόδια που τοποθετούνται στο κεφάλι, επιτρέποντας τον υπολογισμό των επιπέδων των κυματομορφών των EABR (Electrical Auditory Brainstem Response). Εντούτοις αυτές οι μέθοδοι έχουν ορισμένους τεχνικούς περιορισμούς και έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις ευνοούνται οι συμπεριφοριστικές μέθοδοι.

Χρονικό πλαίσιο για τον προγραμματισμό

Συνήθως χρειάζονται αρκετά ραντεβού τους πρώτους μήνες μετά την εμφύτευση, καθώς απαιτείται μια προσεκτική προσέγγιση. Επιπλέον μερικά επίπεδα μπορούν να αλλάξουν καθώς ο χρήστης προσαρμόζεται στη νέα διέγερση - ιδιαίτερα στα C levels. Καθώς ο χρόνος περνάει τα ραντεβού γίνονται πιο αραιά. Συνηθίζεται αν και δεν απαιτείται πάντα ακόμη και για τους καλά εκπαιδευμένους χρήστες να παρακολουθούνται ετήσια, για τεχνικούς κυρίως ελέγχους και συντήρηση των μηχανημάτων. Η τελική ρύθμιση ή το τελικό map βρίσκεται μόλις σταθεροποιηθούν όλα τα επίπεδα και επαληθευθεί το ίδιο και στον επόμενο προγραμματισμό. Δεν υπάρχει κανένας καθορισμένος χρόνος κατά τον οποίο αυτό πρέπει να επιτευχθεί, εξαρτάται από το άτομο, δηλαδή από την ακουστική μνήμη, τον χρόνο κώφωσης και αντιμετώπισης, το υπόλοιπο ακοής και την αξιοποίησή του.

Η ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η ομιλία και η ανώτερη κωδικοποιημένη μορφή επικοινωνίας, η προφορική γλώσσα, είναι μια πολύπλοκη εγκεφαλική λειτουργία, ένα σύμπλεγμα σωματο - αισθητικών - οπτικών - ακουστικών και κινητικών λειτουργιών, στις οποίες προστίθεται και η ικανότητα σύνθεσης με προηγούμενες εμπειρίες. Επηρεάζεται από την κληρονομικότητα και εμπλουτίζεται, αναπτύσσεται, μέσα από τους μηχανισμούς της μίμησης και της ταύτισης με την μητέρα. Ένα παιδί με απώλεια ακοής δεν έχει τη δυνατότητα ανάπτυξης της προφορικής γλώσσας μέσα από το άκουσμα και τη μίμηση του περιβάλλοντός του. Συνεπώς αντιμετωπίζει μια δυσκολία με την ακοή της γλώσσας (δεκτικές ικανότητες) και μια δυσκολία στην ανάπτυξη της προφορικής γλώσσας (εκφραστικές ικανότητες) με αποτέλεσμα τις μειωμένες προφορικές γλωσσικές ικανότητες και τις χαμηλότερες ακαδημαϊκές επιδόσεις από τους συνομηλίκους με φυσιολογική ακοή.

Η κρίσιμη περίοδος ανάπτυξης κατά τη διάρκεια της οποίας το κεντρικό νευρικό σύστημα παρουσιάζει την μέγιστη πλαστικότητα είναι έως τριών ετών και για τον λόγο αυτό θα πρέπει να μεγιστοποιηθεί η γλωσσική ανάπτυξη, ακόμα και με τη χρήση της υπολειπόμενης ακοής, μέσα σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Τα παιδιά με απώλεια ακοής που διαγνώσκονται πριν τους 6 μήνες ζωής και αντιμετωπίζεται άμεσα έχουν τη μεγαλύτερη γλωσσική ανάπτυξη, καλύτερο δεκτικό και εκφραστικό λεξιλόγιο και υψηλότερες κοινωνικές - συναισθηματικές πτυχές ανάπτυξης από τα νήπια που διαγνώσκονται αργότερα, ανεξάρτητα από το βαθμό απώλειας ακοής ή τον τρόπο επικοινωνίας²⁷⁻³².

Μετά την τοποθέτηση των ακουστικών βαρηκοΐας ή του κοχλιακού εμφυτεύματος θεωρείται απαραίτητη μια συστηματική λογοθεραπευτική παρέμβαση. Στόχος της λογοθεραπείας είναι ο ασθενής να χρησιμοποιεί και να εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο τρόπο τη νέα ακοή του και αποτελείται από την περίοδο προετοιμασίας, τους τομείς της αντίληψης του λόγου και των ήχων του περιβάλλοντος, της κατανόησης του λόγου, της άρθρωσης, της φώνησης, του διαλόγου και της μετάδοσης πληροφοριών στον συνομιλητή.

Δεδομένου ότι θα υπάρξει και η απαραίτητη εκπαιδευτική υποστήριξη, τα μεγαλύτερα ποσοστά τοποθέτησης στην κανονική εκπαίδευση μας δίνουν υψηλότερα ποσοστά ολοκλήρωσης της δευτεροβάθμιας και ανώτατης εκπαίδευσης, συνεπώς και στις καλύτερες ευκαιρίες απασχόλησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο κοινωνικό και προσωπικό οικονομικό κέρδος καθώς επίσης και σε προσωπικά οφέλη από την βελτιωμένη κοινωνικοποίηση, την αυξανόμενη αυτοπεποίθηση και ανεξαρτησία, την αυξανόμενη προσωπική ασφάλεια και τη μεγαλύτερη κοινωνική ολοκλήρωση³³.

Παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της κοχλιακής εμφύτευσης.

- Η ηλικία του παιδιού όταν εντοπίστηκε το πρόβλημα στην ακοή και η έγκαιρη αντιμετώπισή του. Η διάγνωση της βαρηκοΐας στους πρώτους μήνες της ζωής του παιδιού δίνει τη δυνατότητα αντιμετώπισής της, με πρώιμη παρέμβαση, ακουστική ενίσχυση και κοχλιακή εμφύτευση πριν από την ηλικία των 3 ετών. Χρησιμοποιώντας την περίοδο με τη μεγαλύτερη πλαστικότητα του εγκεφάλου, μπορεί το παιδί να αναπτύξει τη μητρική του γλώσσα σχεδόν σαν τα συνομήλικά του.

- Η ηλικία του παιδιού κατά τη κοχλιακή εμφύτευση.

Τα παιδιά που τοποθετήθηκε κοχλιακό εμφύτευμα σε ηλικία 12 έως 18 μηνών είχαν τα καλύτερα αποτελέσματα και αν δεν συνυπάρχουν συνοδά προβλήματα, δεν παρουσιάζουν καθυστέρηση στη γλώσσα τους.

- Η χειρουργική τοποθέτηση του εμφυτεύματος. Η σωστή θέση του ηλεκτροδίου και η ελάχιστη ενόχληση του κοχλία κατά την επέμβαση, είναι το πρώτο βήμα για μια καλή διάκριση.

- Η ρύθμιση του κοχλιακού συστήματος και η προσαρμογή του στις απαιτήσεις του ακουστικού

νεύρου και του εγκεφάλου. Το πιο σημαντικό βήμα για την προσομοίωση της φυσιολογικής ακοής, ώστε να φτάνει στον εγκέφαλο ένα κατάλληλο φάσμα και εύρος ακουστικών συχνοτήτων που να περιέχει την ομιλία.

- Ακουστική θεραπεία για το παιδί σε συνδυασμό με ένα οικογενειακό περιβάλλον που να ενθαρρύνει την αξιοποίηση κάθε ευκαιρίας για χρήση ομιλούμενης γλώσσας.
- Το σχολείο και ο τρόπος επικοινωνίας στην τάξη.

Ένα ακουστικό-προφορικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα που τονίζει τη χρήση της ομιλούμενης γλώσσας για την επικοινωνία του παιδιού με τους συμμαθητές του είναι καθοριστικό για την ακουστική εξέλιξη του παιδιού με κοχλιακό εμφύτευμα.

- Η συνεργασία της διεπιστημονικής ομάδας εντός και εκτός Κέντρου Κοχλιακών Εμφυτεύσεων με τακτική και αμφίδρομη επικοινωνία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ANN ARBOR, University of Michigan, Feb. 6, 2006, <http://www.umich.edu/news/index.html?Releases/2006/Feb06/r020606a>.
2. <http://www.cochlearamericas.com/Products/14.asp>.
3. Beauchaine KL, Donaghy KF. Amplification selection considerations in the pediatric population. In: Bess FH, Gravel JS, Tharpe AM, editors. Amplification for children with auditory deficits. Nashville: Bill Wilkerson Speech and Hearing Center; 1996. p. 145–60.
4. Burdo S. La sordità infantile. Milano: Masson editor; 1998.
5. Κυριαφίνης Γ. Η αξιολόγηση του αποτελέσματος της κοχλιακής εμφύτευσης σε κωφά άτομα, από τη μελέτη των προεγχειρητικών και μετεγχειρητικών παραμέτρων. Δ.Δ. Αριθ. 1919, Ιατρική Σχολή ΑΠΘ, 2005.
6. Lenarz T: Results and Perspectives of Early Cochlear Implantation, 6th European Symposium on Paediatric Cochlear Implantation, Abstracts book, 98:2002.
7. Ponton CW, Don M, Eggermont JJ, Waring MD, Masuda A: Maturation of human cortical auditory function: differences between normal-hearing children and children with cochlear implants, *Ear Hear* 1996 Oct;17(5):430-7.
8. Waltzman SB, Cohen NL. Implantation of patients with prelingual long-term deafness. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1999;108:84–7.
9. Benes F, Parks T, Rubel E: Rapid dendritic atrophy following deafferentation: an EM morphometric analysis, *Brain Res* 122:1,1977.
10. Deitch JS, Rubel EW: Afferent influences on brain stem auditory nuclei of the chicken: time course and specificity of dendritic atrophy following deafferentation, *J Comp Neurol* 229:66, 1984.
11. Parks T: Afferent influences on the development of the brain stem auditory nuclei of the chicken: otocyst ablation, *J Comp Neurol* 183:665, 1979.
12. Powell TPS, Erulkar SD: Transneuronal cell degeneration in the auditory relay nuclei of the cat, *J Anat* 96:219, 1962.
13. Trune DR: Influence of neonatal cochlear removal on the development of mouse cochlear nucleus. I. Number, size, and density of its neurons, *J Comp Neurol* 209:409, 1982.
14. Moore DR, Kowalchuk NE: Auditory brainstem of the ferret: effects of unilateral cochlear lesions on cochlear nucleus volume and projections to the inferior colliculus, *J Comp Neurol* 272:503, 1988.
15. Nordeen K, Killackey H, Kitzes L: Ascending projections to the inferior colliculus following unilateral cochlear ablation in the neonatal gerbil, *Meriones unguiculatus*, *J Comp Neurol* 214:144, 1983.
16. Parks T, Taylor DA, Jackson H: Adaptations of synaptic form in an aberrant projection to the avian cochlear nucleus, *J Neurosci* 10:975, 1990.
17. Moore J and others: Effect of profound hearing loss on a central auditory nucleus, *Am J Otol* 15:588, 1994.

18. Hinojosa R, Marion M. Histopathology of profound sensorineural deafness. *Ann N Y Acad Sci* 1983; 405:459–84.
19. Matsushima JI, Shepard RK, Seldon HL, et al. Electrical stimulation of the auditory nerve in deaf kittens: effects on cochlear nucleus morphology. *Hear Res* 1991;56:133–42.
20. Hoffman RA. Cochlear implantation in the child under two years of age: skull growth, otitis media and selection. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 117: 217-19
21. Oseberger MJ, Zimmerman-Phillips S, Koch DB. Cochlear implant candidacy and performance trends in children. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111: 62-65
22. Staller S, Parkinson A, Arcaroli J, Arndt P. Pediatric outcomes with the Nucleus 24 Contour: North American Clinical Trial. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111: 56-61
23. Lee H., FDA August 29, 2002.
24. Burdo S., Laudadio P.: Monitoraggio intraoperatorio dei nervi cranici nella chirurgia di interesse ORL. 16° Giornate Italiane di Oto- Neurologia. Sorrento,1999. Monitoraggio peroperatorio per gli impianti cocleari, pp 147-164
25. Dillier N., W. Lai. Intracochlear recording of electrically evoked compound action potentials. *Neural Response Telemetry Workshop, Stage III, 1998.*
26. Dillier N., W. Lai. A procedure for Performing Neural Response Telemetry Measurements in the Operatin Room. *Neural Response Telemetry Workshop, Stage III, 1998.*
27. Nikolopoulos TP, O'Donoghue GM, Archbold SM. Age at implantation: its importance in pediatric cochlear implantation. *Laryngoscope* 1999;109:595–9.
28. Burdo S.: L'impianto cocleare nel bambino. In "I Disturbi d' udito nel bambino". Utet editore, 2000: 20-25.
29. Kirk KI, Miyamoto RT, Lento CL, Ying E, O'Neill T, Fears B. Effects of age at implantation in young children. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111: 69-73.
30. Govaerts PJ, De Beukelaer C, Daemers K, De Ceulaer G, Yperman M, Somers T et al. Outcome of cochlear implantation at different ages from 0 to 6 years. *Otol Neurol* 2002 ; 23: 885-890.
31. Baumgartner WD, Pok SM, Egelierler B, Franz P, Gstoettner W, Hamzavi J. The role of age in pediatric cochlear implantation. *Int J Ped Otorhinolaryngol* 2003; 62: 223-228.
32. Summerfield AQ, Marshall DH. Paediatric cochlear implantation and health-technology assessment. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1999; 47: 141-151.
33. Sach T. Current knowledge and future directions: the economics of cochlear implantation. In *Cochlear Implantation: cost creating or cost saving? Proceedings of a conference on health technology assessment.* Hughes Associates, Oxford. 2002.